

## SEMICONDUCTOR LASER

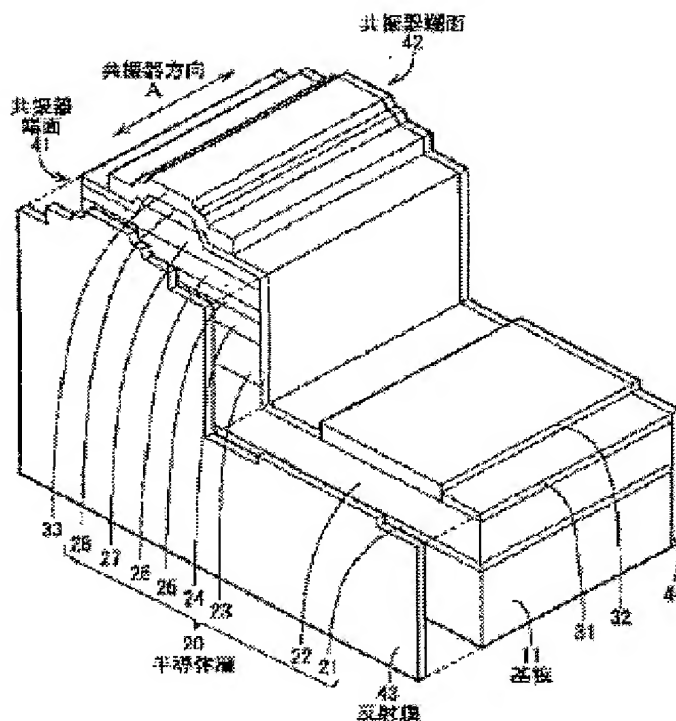
JP2002-26442

**Patent number:** JP2002026442  
**Publication date:** 2002-01-25  
**Inventor:** TOJO TAKESHI; UCHIDA SHIRO  
**Applicant:** SONY CORP  
**Classification:**  
- international: H01S5/028; H01S5/22; H01S5/343  
- european:  
**Application number:** JP20000207229 20000707  
**Priority number(s):** JP20000207229 20000707

Report a data error here

## Abstract of JP2002026442

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor laser the characteristics of which can be improved by suppressing the entrance of stray light from the area of the emitting-side reflecting film corresponding to a substrate. **SOLUTION:** In this semiconductor laser, n-type semiconductor layers 22-24, an active layer 25, and p-type semiconductor layers 26-28 are successively laminated upon a substrate 11. A pair of opposing resonator end faces 41 and 42 are formed in the direction perpendicular to the direction of lamination, and the emitting-side reflecting film 43 is formed on the end face 41. The refractive index of the film 43 at the oscillation wavelength of laser light is adjusted to an intermediate value between the refractive index and effective refractive index of the substrate 11. Consequently, when the film thickness of the reflecting film 43 is adjusted so that the reflectance of the film 43 in the oscillation region of the laser light may become lower, the reflectance of the film 43 becomes higher in the area corresponding to the substrate 11. Therefore, the stray light entering from the area corresponding to the substrate 11 decreases and the occurrence of noise can be prevented.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-26442

(P2002-26442A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコード\* (参考)

H 0 1 S 5/028

H 0 1 S 5/028

5 F 0 7 3

5/22

5/22

5/343

5/343

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-207229(P2000-207229)

(22) 出願日 平成12年7月7日(2000.7.7)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 東條 剛

宮城県白石市白鳥三丁目53番地の2 ソニ  
ー白石セミコンダクタ株式会社内

(72) 発明者 内田 史朗

宮城県白石市白鳥三丁目53番地の2 ソニ  
ー白石セミコンダクタ株式会社内

(74) 代理人 100098785

弁理士 藤島 洋一郎

Fターム(参考) 5F073 AA13 AA45 AA74 AA83 CA07

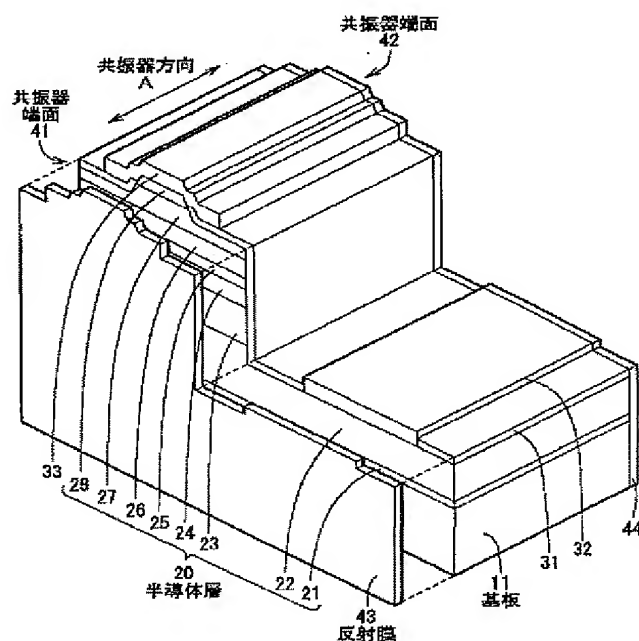
CB05 CB07 CB20 DA05 DA33  
DA35

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 基板に対応する射出側の反射膜の領域から迷光が進入することを抑制し、特性を改善することができる半導体レーザを提供する。

【解決手段】 基板11にn型半導体層22~24、活性層25およびp型半導体層26~28が順次積層されている。積層方向に対して垂直な方向には対向する一対の共振器端面41、42が形成されており、共振器端面41には射出側の反射膜43が設けられている。反射膜43は、レーザ光の発振波長における屈折率が基板11の屈折率と実効屈折率との間の値となっている。これにより、反射膜43の膜厚をレーザ光の発振領域での反射率が低くなるように調節すると、基板11に対応する領域での反射率が高くなる。よって、基板11に対応する領域から進入する迷光が減少し、ノイズの発生を防止できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、この基板に積層された半導体層とを備えると共に、その積層方向に対して垂直な方向に対向する一対の共振器端面を有する半導体レーザであって、  
前記一方の共振器端面に射出側の反射膜を有し、この反射膜の屈折率はレーザ光の発振波長において実効屈折率と前記基板の屈折率との間の値であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記半導体層は、3B族元素のうちの少なくとも1種と5B族元素のうちの少なくとも1種とを含む窒化物系III-V族化合物半導体よりなることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記基板は、サファイアよりなることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記反射膜は、窒化アルミニウム、酸化ジルコニウムおよび酸化窒化ケイ素のうちの少なくとも1種を含むことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板に半導体層が積層され、その積層方向に対して垂直な方向に対向する一対の共振器端面が設けられた半導体レーザに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、様々な光学装置において半導体レーザ(laser diode; LD)が利用されている。半導体レーザは、一般に、基板に第1導電型半導体層、活性層および第2導電型半導体層を順次積層した構造を有しており、例えば、活性層において発生した光を積層方向に対して垂直な方向において対向する一対の共振器端面間で増幅するようになっている。この一対の共振器端面には、反射率を調整すると共に共振器端面を保護するための反射膜がそれぞれ設けられることが多い。このうちレーザ光が主として射出される側の反射膜は反射率が低くなるように調節され、他方の非射出側の反射膜は反射率が高くなるように調節される。

【0003】これら反射膜は用途に応じて単層構造または多層構造とされるが、射出側の反射膜については、成膜が簡便であることから単層構造とされることが多い。例えば、サファイアよりなる基板に窒化物系III-V族化合物半導体層を積層した半導体レーザでは、射出側の反射膜を、窒化物系III-V族化合物半導体よりも発振波長における屈折率が小さい酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )または酸化ケイ素( $\text{SiO}_2$ )の単層構造とするのが一般的である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このように反射膜を例えば酸化アルミニウムまたは酸化ケイ素により構成すると、発振波長における反射膜の屈折率

は、窒化物系III-V族化合物半導体層に対してと同じように基板の屈折率よりも小さくなってしまふ。よって、図3に示したように、反射膜の膜厚を窒化物系III-V族化合物半導体層に対応する領域での反射率が低くなるように調節すると、基板に対応する領域での反射率も低くなってしまふ。なお、図3は、サファイアよりなる基板の上に窒化物系III-V族化合物半導体層を積層し、酸化アルミニウムよりなる反射膜を形成した半導体レーザについて、反射膜の膜厚と波長400nmにおける反射率との関係を表したものである。図3において実線は基板に対応する領域での反射率であり、破線は発振領域での反射率である。

【0005】しかも、サファイアよりなる基板は発振波長について透明であるので、例えば、半導体レーザをパッケージ内に収納して用いる場合、パッケージ内で反射された迷光が基板に対応する反射膜の領域からも半導体レーザ内に進入してしまふ。よって、それによりノイズが発生し、特性が悪化してしまふという問題があった。

【0006】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、射出側の反射膜において基板に対応する領域から迷光が進入することを抑制し、特性を改善することができる半導体レーザを提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明による半導体レーザは、基板と、この基板に積層された半導体層とを備えると共に、その積層方向に対して垂直な方向に対向する一対の共振器端面を有するものであって、一方の共振器端面に射出側の反射膜を有し、この反射膜の屈折率はレーザ光の発振波長において実効屈折率と前記基板の屈折率との間の値とされたものである。

【0008】本発明による半導体レーザでは、レーザ光の発振波長における反射膜の屈折率が実効屈折率と基板の屈折率との間の値となっているので、反射膜の膜厚をレーザ光の発振領域での反射率が低くなるように調節すると、基板に対応する領域での反射率が高くなる。よって、基板に対応する反射膜の領域から進入する迷光が減少する。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0010】図1は本発明の一実施の形態に係る半導体レーザの構成を表すものである。この半導体レーザは、基板11の一面側に、短周期型周期律表における3B族元素のうちの少なくとも1種と5B族元素のうちの少なくとも1種とを含む窒化物系III-V族化合物半導体よりなる半導体層20を備えている。この半導体層20は、例えば、基板11の側から順に積層されたバッファ層21、n側コンタクト層22、n型クラッド層23、n型ガイド層24、活性層25、p型ガイド層26、p型クラッド層27およびp側コンタクト層28を

有している。このうちn側コンタクト層22、n型クラッド層23およびn型ガイド層24は第1導電型半導体層に対応するn型半導体層であり、p型ガイド層26、p型クラッド層27およびp側コンタクト層28は第2導電型半導体層に対応するp型半導体層である。

【0011】基板11は、例えば、積層方向における厚さ（以下、単に厚さという）が $90\mu\text{m}$ のサファイアにより構成されており、半導体層20は基板11のc面に形成されている。

【0012】バッファ層21は、例えば、厚さが $30\text{nm}$ であり、不純物を添加しないundoped-GaNにより構成されている。n側コンタクト層22は、例えば、厚さが $3\mu\text{m}$ であり、n型不純物としてケイ素（Si）を添加したn型GaNにより構成されている。n型クラッド層23は、例えば、厚さが $1\mu\text{m}$ であり、n型不純物としてケイ素を添加したn型AlGaN混晶により構成されている。n型ガイド層24は、例えば、厚さが $0.1\mu\text{m}$ であり、n型不純物としてケイ素を添加したn型GaNにより構成されている。

【0013】活性層25は、例えば、厚さが $30\text{nm}$ であり、組成の異なる $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ （但し、 $1 \geq x \geq 0$ ）混晶層を積層した多重量子井戸構造を有している。この活性層25は、少なくともその一部が発光部として機能するものであり、その発光波長は例えば $400\text{nm}$ 前後である。

【0014】p型ガイド層26は、例えば、厚さが $0.1\mu\text{m}$ であり、p型不純物としてマグネシウム（Mg）を添加したp型GaNにより構成されている。p型クラッド層27は、例えば、厚さが $0.8\mu\text{m}$ であり、p型不純物としてマグネシウムを添加したp型AlGaN混晶により構成されている。p側コンタクト層28は、例えば、厚さが $0.5\mu\text{m}$ であり、p型不純物としてマグネシウムを添加したp型GaNにより構成されている。p側コンタクト層28およびp型クラッド層27の一部は、半導体層20の積層方向に対して垂直な共振器方向Aに延長された細い帯状とされている。これにより、この半導体レーザでは電流狭窄を行い、活性層25のうちp側コンタクト層28に対応する領域が発光部として機能するようになっていく。

【0015】また、この半導体レーザは、共振器方向Aに対して垂直な方向におけるn側コンタクト層22の幅が、n型クラッド層23、n型ガイド層24、活性層25、p型ガイド層26、p型クラッド層27およびp側コンタクト層28の幅よりも広くなっており、n側コンタクト層22の一部にこれらn型クラッド層23、n型ガイド層24、活性層25、p型ガイド層26、p型クラッド層27およびp側コンタクト層28が積層されている。

【0016】n側コンタクト層22からp側コンタクト層28の表面には、例えば二酸化ケイ素よりなる絶縁膜

31が形成されている。この絶縁膜31にはn側コンタクト層22およびp側コンタクト層28に対応して開口がそれぞれ設けられており、n側コンタクト層22およびp側コンタクト層28の上には、これらの開口に対応してn側電極32およびp側電極33がそれぞれ形成されている。n側電極32は、例えばチタン（Ti）およびアルミニウム（Al）を順次積層して熱処理により合金化した構造を有しており、n側コンタクト層22と電氣的に接続されている。p側電極33は、例えばパラジウム（Pd）、白金（Pt）および金（Au）が順次積層された構造を有しており、p側コンタクト層28と電氣的に接続されている。

【0017】更に、この半導体レーザは、共振器方向Aに対向する一対の共振器端面41、42を半導体層20および基板11に対応して有している。このうち一方の共振器端面41には例えば射出側の反射膜43が形成され、他方の共振器端面42には非射出側の反射膜44が形成されている。反射膜43はレーザ光の発振領域での発振波長における反射率が低くなるように調節され、反射膜44はその反射率が高くなるように調節されている。これにより、活性層25およびその近傍において発生した光がそれら反射膜43、44の間において増幅され、レーザ光が反射膜43の側から主として射出されるようになっている。なお、反射膜44の方からも反射膜43の側に比べれば少ないもののその反射率に応じてレーザ光が射出されるが、本明細書においては、レーザ光を主として取り出す方を射出側と言い、他方を非射出側と言う。

【0018】反射膜43は、例えば、窒化アルミニウム（AlN）、酸化ジルコニウム（ $\text{ZrO}_2$ ）または酸化窒化ケイ素（ $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ）のうちの少なくとも1種を含んで構成されている。この反射膜43は、レーザ光の発振波長（例えば $400\text{nm}$ ）において屈折率が基板11の屈折率と実効屈折率との間の値となっている。なお、実効屈折率というのは、レーザ光の発振領域における平均的な屈折率を言う。また、レーザの発振領域というのは主として活性層25であるが、その近傍の領域、例えばn型ガイド層24およびp型ガイド層26、更にはn型クラッド層23の一部およびp型クラッド層27の一部なども含まれる。

【0019】本実施の形態では、例えば、波長 $400\text{nm}$ における基板11の屈折率が1.77であり、実効屈折率が2.5であるので、反射膜43の屈折率は、基板11の屈折率よりも大きく、実効屈折率よりも小さい値を有している。なお、上述した材料の波長 $400\text{nm}$ における屈折率は、窒化アルミニウムが2.13、酸化ジルコニウムが2.07であり、酸化窒化ケイ素は酸素（O）と窒素（N）との組成比に応じて1.5～2.07の間で任意の値を有する。

【0020】反射膜43の屈折率をこのように規定する

のは、反射膜43の膜厚をレーザ光の発振領域での反射率が低くなるように調節した場合に、基板11に対応する領域での反射率を高くすることができ、迷光の進入を抑制することができるからである。特に、反射膜43の屈折率を基板11の屈折率と実効屈折率との中間付近の値とすれば、レーザ光の発振領域での反射率が極小値となる時に、基板11に対応する領域での反射率をほぼ極大値とすることができるので好ましい。

【0021】図2は、反射膜43の膜厚と波長400nmにおける反射率との関係を表すものである。これは、本実施の形態に係る半導体レーザについて反射膜43を窒化アルミニウムの単層膜により構成した場合のものである。図2において実線は基板11に対応する反射膜43の領域での反射率であり、破線はレーザ光の発振領域に対応する反射膜43の領域での反射率である。

【0022】このように、反射膜43の屈折率を基板11の屈折率と実効屈折率との間の値とすると、反射膜43の膜厚と反射率との関係は、基板11に対応する領域とレーザ光の発振領域とでほぼ反対になる。よって、レーザ光の発振領域での反射率を例えば8%程度とすると、基板11に対応する領域での反射率は約20%と大きくなる。これに対して、従来の図3に示した例では、同じくレーザ光の発振領域での反射率を8%程度とすると、基板11に対応する領域での反射率は約7%と小さい。すなわち、本実施の形態によれば、基板11に対応する反射膜43の領域での反射率は従来の3倍近くにもなり、その領域から進入する迷光の影響は従来の約1/3となる。

【0023】なお、反射膜43は単層構造でも多層構造でもよいが、単層構造の方が成膜が簡便であるので好ましい。反射膜43の厚さは、例えば、反射膜43の屈折率を $n$ 、光学的厚さを $L$ 、発振波長を $\lambda$ とすると、 $\lambda/4n$ であることが好ましい。

【0024】また、反射膜43を構成する材料としては、特に窒化アルミニウムが好ましい。本実施の形態においては反射膜43の屈折率を基板11の屈折率と実効屈折率とのほぼ中間とすることができると共に、熱膨張係数が半導体層20と近いので、共振器端面41にかかる応力を低減させることができ、劣化を抑制することができるからである。また、熱伝導率が高いので、共振器端面41における温度の上昇を抑制することもでき、更に、酸化物あるいは酸素が共振器端面41に接触しないので、共振器端面41の酸化による光学損傷(Catastrophic Optical Damage; COD)を防止することもできるからである。

【0025】一方、反射膜44は、例えば、酸化ケイ素膜と酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )膜とが交互に積層された多層構造(例えば6層)とされている。

【0026】この半導体レーザは、例えば次のようにして製造することができる。

【0027】まず、例えば、厚さ400 $\mu\text{m}$ 程度のサファイアよりなる基板11を用意し、基板11のc面に、MOCVD法により、undoped-GaNよりなるバッファ層21、n型GaNよりなるn側コンタクト層22、n型AlGaN混晶よりなるn型クラッド層23、n型GaNよりなるn型ガイド層24、GaInN混晶よりなる活性層25、p型GaNよりなるp型ガイド層26、p型AlGaN混晶よりなるp型クラッド層27およびp型GaNよりなるp側コンタクト層28を順次成長させる。

【0028】なお、MOCVDを行う際、ガリウムの原料ガスとしては例えばトリメチルガリウム( $(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$ )、アルミニウムの原料ガスとしては例えばトリメチルアルミニウム( $(\text{CH}_3)_3\text{Al}$ )、インジウムの原料ガスとしては例えばトリメチルインジウム( $(\text{CH}_3)_3\text{In}$ )、窒素の原料ガスとしては例えばアンモニア( $\text{NH}_3$ )をそれぞれ用いる。また、ケイ素の原料ガスとしては例えばモノシラン( $\text{SiH}_4$ )を用い、マグネシウムの原料ガスとしては例えばビス=シクロペンタジエニルマグネシウム( $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$ )を用いる。

【0029】次いで、p側コンタクト層28、p型クラッド層27、p型ガイド層26、活性層25、n型ガイド層24、n型クラッド層23およびn側コンタクト層22の一部を順次エッチングして、n側コンタクト層22を表面に露出させる。続いて、p側コンタクト層28の上に図示しないマスクを形成し、このマスクを利用してp側コンタクト層28およびp型クラッド層27の一部を選択的にエッチングして、p型クラッド層27の上部およびp側コンタクト層28を細い帯状とする。

【0030】そののち、露出面全体に、例えば蒸着法により酸化ケイ素よりなる絶縁層31を形成し、p側コンタクト層28に対応して開口を設け、p側コンタクト層28を表面に露出させる。p側コンタクト層28を露出させたのち、絶縁層31のn側コンタクト層22上の領域に開口を形成し、この開口に対応して、例えば、チタン(Ti)、アルミニウム(Al)、白金および金を順次蒸着し、合金化してn側電極32を形成する。また、露出させたp側コンタクト層28に対応して、例えばパラジウム、白金および金を順次蒸着し、p側電極33を形成する。

【0031】次いで、基板11を例えば90 $\mu\text{m}$ 程度の厚さとなるように研磨する。基板11を研磨したのち、基板11を共振器方向Aに対して垂直に所定の幅で分割し、共振器端面41、42を形成する。そののち、例えばECR(Electron Cyclotron Resonance; 電子サイクロトロン共鳴)スパッタ装置を用い、共振器端面41に反射膜43を形成すると共に、共振器端面42に反射膜44を形成する。反射膜43、44を形成したのち、基板11を共振器方向Aに対して平行に所定の位置で分割

する。これにより、図1に示した半導体レーザが完成する。

【0032】この半導体レーザは、次のように作用する。

【0033】この半導体レーザでは、n側電極32とp側電極33との間に所定の電圧が印加されると、活性層25に電流が注入され、電子-正孔再結合により発光が起こる。この光は、反射膜43、44の間で反射され、増幅されてレーザ発振を生じ、主として反射膜43を透過してレーザ光として外部に射出される。例えば、半導体レーザをパッケージ内に収納して用いる場合、射出されたレーザ光の一部はパッケージ内において反射され、迷光となって半導体レーザに戻ってくる。ここでは、反射膜43の発振波長における屈折率が基板11の屈折率と実効屈折率との間の値となっており、基板11に対応する反射膜43の領域での反射率が高くなっている。よって、基板11に対応する反射膜43の領域から進入する迷光が減少し、ノイズの発生が抑制され、出力変動などの特性が改善される。

【0034】このように本実施の形態に係る半導体レーザによれば、発振波長において反射膜43の屈折率が基板11の屈折率と実効屈折率との間の値となるようにしたので、基板11に対応する反射膜43の領域での反射率を高くすることができ、迷光の進入を抑制することができる。よって、ノイズの発生を防止でき、特性を改善することができる。

【0035】特に、反射膜43を窒化アルミニウムにより構成すれば、基板11に対応する反射膜43の領域での反射率を特に高くすることができると共に、反射膜41側における共振器端面の劣化を抑制することができ、更にその近傍における光学損傷も防止することができる。

【0036】以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、反射膜43を構成する材料について具体例を挙げて説明したが、発振波長において基板11の屈折率と実効屈折率との間の屈折率を有し、レーザ光を吸収しない材料であれば、他の材料により構成するようにしてもよい。

【0037】また、上記実施の形態では、基板11をサファイアにより構成するようにしたが、他の材料により構成するようにしてもよい。

【0038】更に、上記実施の形態では、窒化物系ⅠⅠⅠ-V族化合物半導体よりなる半導体層20を備える場合について説明したが、本発明は、ⅠⅠⅠ-V族化合物半導体またはⅠⅠ-VⅠ族化合物半導体などの他の半導体材料を用いた半導体レーザについても適用することができる。

【0039】加えて、上記実施の形態では、発振波長に

おける反射膜43の屈折率が基板11の屈折率よりも大きく、実効屈折率よりも小さい場合について説明したが、反射膜の屈折率が基板の屈折率よりも小さく、実効屈折率よりも大きい場合であっても同様の効果が得られる。

【0040】更にまた、上記実施の形態では、n側コンタクト層22、n型クラッド層23、n型ガイド層24、活性層25、p型ガイド層26、p型クラッド層27およびp側コンタクト層28を順次積層するようにしたが、本発明は、他の構造を有する半導体レーザについても同様に適用することができる。例えば、n型ガイド層24およびp型ガイド層26を備えていなくてもよく、活性層25とp型ガイド層26との間に結晶劣化防止層を備えていてもよい。また、p側コンタクト層28を細い帯状とすること以外の他の構造により電流狭窄するようにしてもよい。更に、屈折率導波型あるいは利得導波型の半導体レーザとしてもよい。

【0041】加えてまた、上記実施の形態では、n型半導体層が第1導電型半導体層に対応し、p型半導体層が第2導電型半導体層に対応する場合について説明したが、本発明には、p型半導体層が第1導電型半導体層に対応し、n型半導体層が第2導電型半導体層に対応する場合も含まれる。

【0042】更にまた、上記実施の形態では、他方の共振器端面42に非射出側の反射膜44を備える場合について説明したが、他の構成を有する反射膜を備えていてもよく、また反射膜が設けられていなくてもよい。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の半導体レーザによれば、射出側の反射膜をレーザ光の発振波長において屈折率が実効屈折率と基板の屈折率との間の値となるようにしたので、基板に対応する反射膜の領域での反射率を高くすることができ、迷光の進入を抑制することができる。よって、ノイズの発生を防止でき、特性を改善することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る半導体レーザの構成を表す部分分解斜視図である。

【図2】図1に示した半導体レーザにおける反射膜の膜厚と反射率との関係を表す特性図である。

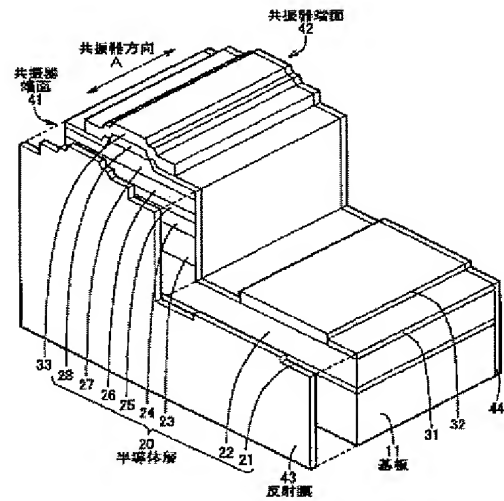
【図3】従来の半導体レーザにおける反射膜の膜厚と反射率との関係を表す特性図である。

【符号の説明】

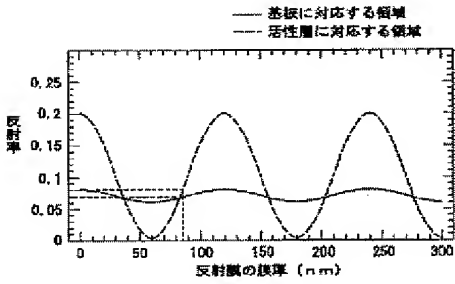
11…基板、20…半導体層、21…バッファ層、22…n側コンタクト層、23…n型クラッド層、24…n型ガイド層、25…活性層、26…p型ガイド層、27…p型クラッド層、28…p側コンタクト層、31…絶縁膜、32…n側電極、33…p側電極、41、42…共振器端面、43…反射膜（射出側）、44…反射膜

( 非 射 出 側 ) 、 A … 共 振 器 方 向

【 図 1 】



【 図 3 】



【 図 2 】

